

農業用パイプラインの水力機能に関する調査について

株式会社アルファ技研 ○大津 将則、植屋 賢祐

1. はじめに

これまで造成された農業水利施設は、食料の安定的な確保に寄与するとともに、洪水防止等の多面的機能、地域用水機能発揮等、重要な地域資源となっている。

これらの農業水利施設の多くが今後更新時期をむかえつつある今日、農業水利ストックの適切な予防保全、施設更新が必要になり、最適な施設保全計画樹立及び保全技術確立を目的として農業水利施設ストックマネジメントが実施されている。

農業水利施設のストックマネジメントは、「農業水利施設の機能保全の手引き」¹⁾において、施設の維持管理や更新の基本的考え方が示され、コンクリート構造物における劣化予測手法も提示された。他方、パイプラインにおいては、埋設構造物のため目視できないことが多く、劣化予測技術は未だ確立されていない状況にある。

本報告は、管内目視調査が困難な中・小口径パイプラインについて、水路系全体の水力性能を把握する上で重要な管内粗度調査の事例を紹介し今後の劣化予測のための留意点等を考察した。

2. パイプライン導入の経過と使用管種等

パイプラインの本格的な導入は愛知用水事業（1957～1961）で、1965年以降はパイプラインのもつ長所から飛躍的に導入が進んだ。²⁾

農業水利施設の使用管種は、表-1に示すように多様な管種、継手（以下、管種等という）が導入されている。パイプラインの機能診断においては、対象とする路線について完成図書等をもとに水利縦断図を作成し、水利システム、水利特性を把握し、水管理制御施設の配置状況、使用管種等の水利、構造条件、施工年代、漏水事故歴を踏まえて調査計画を立案することが望ましいと考える。

表-1 わが国のパイプライン管材の導入経過

管種	西 暦													
	1400	1800	1900	10	20	30	40	1950	60	70	80	90	2000	現在
銅管 (SP)	1957年 愛知用水で事業着手													
ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)	ダクタイル鋳鉄管													
硬質塩化ビニル管 (VP)	鋳鉄管													
ポリエチレン管 (PE)														
強化プラスチック複合管 (FRPM)														
遠心力鉄筋コンクリート管 (RC)														
プレストレストコンクリート管 (PC)														
石綿セメント管 (ACP)														

注) 実線はわが国での導入以降、破線は管材の開発以降

3. 水力機能調査の事例

ここでは、中口径（セミクローズドタイプ）と小口径（クローズドタイプ）パイプラインの管内粗度調査（圧力・流量）の事例を示す。なお、事例に示すパイプラインにおける漏水事故歴はない。

3-1. 中口径パイプライン

畑地かんがい用セミクローズドタイプパイプライン（送水系）における調査事例を以下に示す。

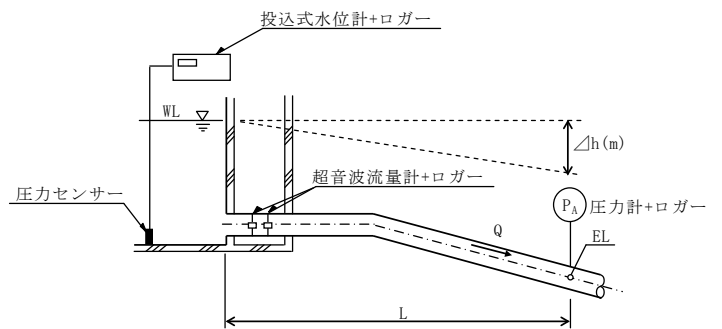


図-1 管内流量・圧力測定概念図

1) 水路諸元

使用管種：DCIP
 口径(D)：φ500mm
 調査区間延長(L)：2,450m
 静水圧(Hs)：0.82MPa

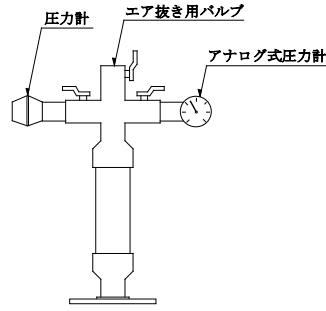


図-2 圧力計取付治具概略図



写真-1 圧力計取付状況

2) 測定機器の設置例

a) 水位計及び圧力計

水利用期間において2地点の水頭差を測定するため起点側水槽に水位計を、管路には圧力計を用いそれぞれロガーによる連続計測を行った(図-1)。

写真-1は、既設空気弁工を利用して治具を取付けた事例で、図-2に治具の概略図を示した。

b) 流量計

流量計が設置されていない場合で、弁室等の露出配管部がある場合には携帯式流量計が便利である。写真-2は携帯式超音波流量計の設置例である。



写真-2 流量計取付状況

3) 時系列データの取得による管内粗度の健全度診断

前項の方法で2地点間の水頭差と流量の時系列データを取得して流速係数の変化を把握し、管内粗度の健全度を診断した。ここでは計測インターバルを1時間として24時間の時系列データを取得しヘーゼン・ウィリアムス(Hazen-Williams)の公式より流速係数Cを求めた。ただし、この流速係数は摩擦損失水頭以外の諸損失を含む相対的な値である。図-3に測定結果を示す。

$$C = \frac{Q}{0.279 \times D^{2.63} \times (\Delta h/L)^{0.54}}$$

当初設計時のCは130である。

流量係数Cの値は、流量の変化に伴って変化し、最大値は131、最小値108で平均値が119となった。”手引き”によればCqが80%以上あれば健全である。

ここに、Cq= ”調査時のC” / ”設計時のC”

今、平均値をとると、

$$Cq = 119 / 130 \times 100 = 91.5\%$$

最小値では、

$$Cq = 108 / 130 = 83.0\%$$

本調査区間におけるCq>80%となり、管内粗度は健全であると判断した。

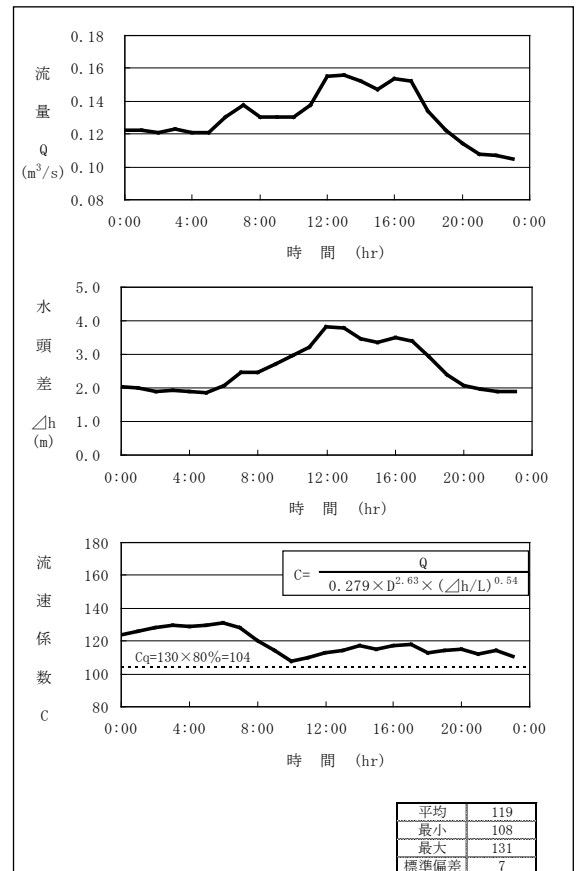


図-3 管内粗度調査結果

管内粗度調査において時系列データの取得が可能な場合には、流量の変化やそれに伴う管内流況変化に応じた流速係数の変動（標準偏差）を考慮でき、診断精度の向上が可能と考えられる。

3-2. 小口径パイプライン

水田用低圧クローズドタイプパイプライン（配水系）での調査事例を以下に示す。

1) 水路諸元

使用管種：VP

口径(D)：φ150mm

調査区間延長(L)：66m

静水圧(Hs)：0.07MPa

2) 測定機器の設置例

a) マノメータの取付

本用水路は、2 地点間の水頭差が小さいため、動水圧の測定精度を上げる必要性から、圧力計ではなく分水栓を利用してマノメータを取付けた。写真-3、図-5 はマノメータ設置例である。

b) 流量の測定

流量計の設置が困難なため、区間流量は定常状態における分水点流量を直接計量し調査区間流量(Q)を求めた。

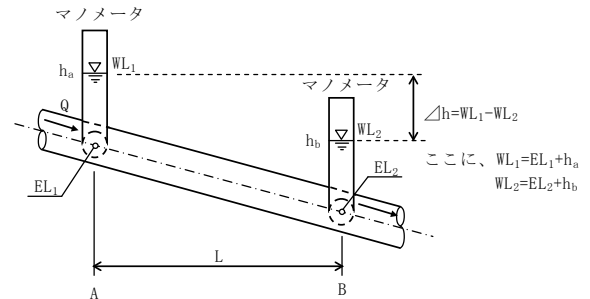


図-4 管内圧力測定概念図

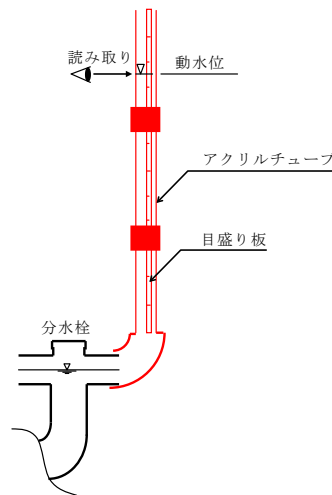


図-5 マノメータ取付概略図



写真-3 マノメータ取付状況

$$Q = \sum q_i + q_b$$

ここに、 $\sum q_i$:測定区間より下流側の分水量の累計値

q_b :測定地点 B の分水量

3) 管内粗度の健全度診断

管内粗度調査の結果は表-2 のとおりである。VP 管の流速係数 $C=123$ となり、設計時 $C_0=140$ に対して $Cq=88\%$ となっている。これより、調査区間の管内粗度は健全であると判断した。

ただし、本調査では施設条件等からロガーによる時系列的なデータ取得ができず、流量係数の変動幅を十分に把握することができなかった。

また、流量測定では、配水系のため分水栓数が多いことや管露出部が少なかったことなどから、区間内流量を流量計で測定できず、分水量を手計り・合算して算定せざるを

表-2 VP 管の管内粗度調査結果

流 量 (Q)	(m^3/s)	0.007
口 径 (D)	(mm)	0.150
延 長 (L)	(m)	66
A 地 点 動 水 頭	(WL_1, m)	8.68
B 地 点 動 水 頭	(WL_2, m)	8.58
水 頭 差 (Δh)	(m)	0.10
流 速 係 数 (C_1)		123
設 計 時 の C_0		140
$Cq=(C_1/C_0) \times 100$	(%)	88

得なかった点など、ある程度の誤差が生じているものと考えられる。

しかし、得られた結果に加え、使用圧力、水路の踏査（周辺地盤の変状有無等）、管理者からの聞き取り調査（漏水事故歴・維持管理状況等）などから総合的に評価すれば、得られた値は妥当であり、管内粗度は健全であると判断した。

今後、類似する水路タイプでの調査データの蓄積により、測定精度の把握と診断精度の向上を図る必要がある。

4. 考 察

今回、中・小口径パイプラインについて、それぞれ一つの対象区間を抽出し、管内粗度調査事例を示したが、今回のような調査を区間毎または水理ユニット単位で積み重ねることにより水路系全体の管内粗度の経年状態が把握可能である。

管内目視調査が困難な場合の劣化予測においては、供用年数、管種等及び管製造年代、荷重条件、既往の漏水履歴のほか管理者からの問診調査、さらに水理機能（漏水量、管内粗度）の性能低下より判断することが有効な方法と考えられる。とくに、水路系全体の水理性能の把握が比較的容易に実現可能な管内粗度の経年変化からパイプラインの劣化傾向を把握することは重要な調査であり、時系列・連続的な調査による把握は、機能診断の精度向上に有効と考える。

5. おわりに

農業水利施設の水利調査は、パイプラインに限らず水利権上の制約などから、かんがい期間中に集中することが多いと考えられる。用水需要は天候によって左右されるため、気象情報や施設管理者等より用水需要動向等の情報収集が重要である。

パイプラインの管内粗度調査においては、用水需要が多い時、最多頻度流量時など、複数の水利用パターンで調査を実施することが精度向上の上から望ましいと考えられる。それには事前に周到な調査準備（調査方法、手順、測定機器・機材の備え、要員の配置等）が必要であり、調査のタイミングを逃して診断精度が得られないことがないよう留意する必要がある。また、調査にあたっては、今回紹介した管内圧力測定用治具やマノメータのように、パイプラインの特性や構造、施設位置条件等を考慮して調査者自ら創意工夫を必要とし、さらに携帯式流量計など計測機器の併用を図り調査を行うことが効率的な調査につながると考える。ただし、これらの装置は、施設の一部に一時的に手を加えるものもあり、発注者や施設管理者等への事前説明を行い、同意を得て行うことが必要である。

参考文献

- 1) 農業水利施設の機能保全の手引き（平成 19 年 3 月 農林水産省農村振興局整備部水利整備課施設管理室）
- 2) 水と土臨時増刊 農業土木技術の変遷（平成 7 年 農業土木技術研究会）P-185